

Варка крахмала может осуществляться периодическим и непрерывным способом [2]. На рисунке 5 представлен технологический процесс варки клея.

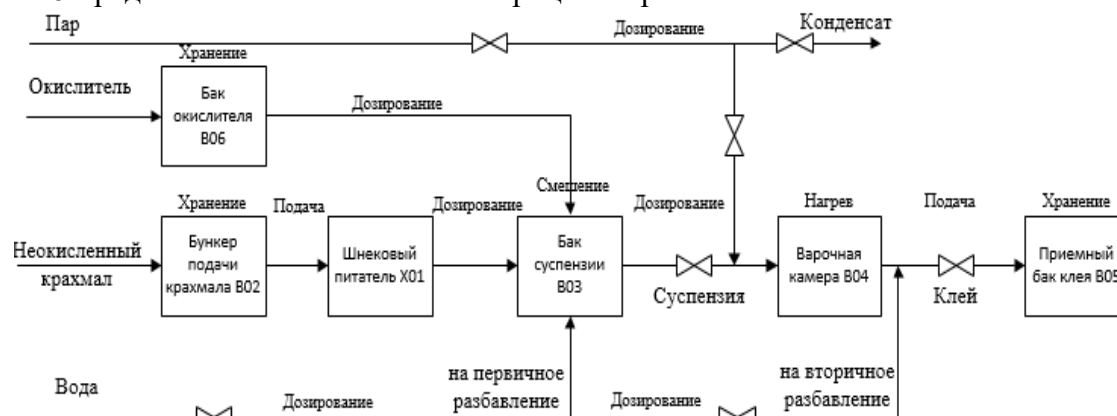


Рисунок 5 – Технологический процесс варки клея

На основе регламентированных значений технологического процесса и технологических параметров крахмальной кухни принято решение о сокращении времени регулирования рН и концентрации. Значение концентрации зависит за счет частоты оборотов шнекового питателя, а рН зависит от частоты от числа импульсов насоса, то есть от количества, подаваемого в бак смешения окислителя. Идентификация проводилась по данным лаборатории за половину месяца. Объект считается квазистационарным, то есть протекающим в ограниченной системе и распространяющимся в ней так быстро, что за время распространения этого процесса в пределах системы ее состояние не успевает измениться. Модернизация клеильной кухни производилась на контроллере Siemens S7-300. Данная модернизация еще проходит свою стадию тестирования.

По результатам проведенных модернизаций снизились риски возникновения обрывов из-за следующих показателей: применение химиката Неомид 151 в свежую воду для снижения количества бактерий, в дальнейшем проявления в виде слизи на бумажном полотне; применение слаломной сетки на I – ой сушильной группе для снижения образования пыли; повышение качества продукции и снижение количества брака за счет сокращения времени регулирования рН и концентрации.

### Список литературы

1. Р.Х. Хакимов, С.Г. Ермаков Технология бумаги: Учебное пособие/ ПГТУ - Пермь, 2005. - 104с.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги. – 3-е изд. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.

УДК 676.012.77

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УЧЕБНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Даденков Д.А.<sup>1</sup>, Суслов К.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

**Ключевые слова:** технологический процесс, динамическое моделирование, технологические параметры, подготовка бумажной массы, база сигналов, автоматизация.

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты моделирования участка технологического процесса подготовки бумажной массы учебно-экспериментальной установки. Представлены принципы разработки и моделирования тепло-гидравлических схем в отечествен-

ной среде имитационного моделирования *SimInTech*. Выполнена реализация гидравлической схемы и алгоритмов для моделирования участка технологического процесса в среде *SimInTech*. Произведен анализ результатов исследования и предложены дальнейшие перспективы развития разработанного проекта для моделирования технологического процесса.

## MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF EDUCATIONAL-EXPERIMENTAL INSTALLATION

Dadenkov D.A.<sup>1</sup>, Suslov K.Y.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Perm national research Polytechnic University, Perm

**Key words:** technological process, dynamic modeling, technological parameters, preparation of paper stock, signal base, automation.

**Abstract.** The article discusses the results of modeling the area of the technological process of preparation of paper pulp of a training and experimental installation. The principles of development and modeling of thermo-hydraulic circuits in the domestic simulation environment *SimInTech* are presented. The implementation of the hydraulic circuit and algorithms for modeling the technological section in the *SimInTech* environment has been completed. The analysis of the research results was carried out and the prospects for the further development of the developed project for modeling the technological process were proposed.

Технологически процесс (ТП) производства бумаги представляет собой сложный многостадийный процесс, полного производственного цикла – от переработки сырья и производства полуфабрикатов, до выпуска и реализации готовой продукции. Определяющим фактором качества выпускаемой продукции в производственном процессе служит сложность и многообразие задач по автоматизации процесса производства бумаги.

Высокое качество выпускаемой продукции напрямую зависит от непрерывного протекания технологического процесса, что в свою очередь требует точной настройки многочисленных контуров регулирования технологических процессов и их параметров [1, 2].

Сложность рассматриваемых систем и объектов, обуславливается наличием протекающих в них физических процессов, и трудозатрат на реализацию их математического описания. Для решения обозначенной проблемы на практике используются программные моделирующие комплексы, позволяющие проводить расчет переходных процессов в гидравлических системах на основе цифровых моделей, состоящих из блоков и соединяющихся линиями связи. Использование зарубежного программного обеспечения широко представленного такими продуктами как *LabView*, *Matlab/Simulink*, *VisSim*, *SimulationX*, противоречит активно развивающейся тенденцией импортозамещения. Это обуславливает актуальность внедрения российских систем программного обеспечения для моделирования технических систем, таких как среда *SimInTech* [3].

Объектом исследования является экспериментальная установка имитации работы локальных контуров регулирования технологических процессов подготовки бумажной массы [1]. Установка представляет собой совокупность физической модели технологического процесса и программно-технического комплекса (ПТК) для управления. Учебно-экспериментальная установка может быть использована как в учебном процессе, при проведении лабораторных работ, так и в научно-исследовательских разработках.

*Моделирование в среде динамического моделирования SimInTech.* *SimInTech* – российская система модельно-ориентированного проектирования систем автоматического управления (САУ). При этом *SimInTech* является универсальной средой создания математических моделей, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматической генерации кода для программируемых контроллеров и графических дисплеев [3].

Инструменты среды *SimInTech* позволяют реализовать технологию, так называемого сквозного проектирования на всех этапах жизненного цикла систем автоматизированного

управления [3, 4]. Архитектура *SimInTech* содержит следующие необходимые инструменты для создания комплексных моделей систем управления:

1) Библиотека блоков автоматики – включает в себя общетехническую автоматику, нечеткую логику, конечные автоматы, а так же обладает возможностями для обмена данными, оптимизации, распараллеливания расчетов, и так далее.

2) Основные библиотеки блоков: теплогидравлика [5], электрика, механика, пневмо- и гидро-системы, динамика полетов летательных аппаратов, баллистика, электрический привод.

3) Специализированные библиотеки блоков: кинетика нейронов, библиотека свойств воды и водяного пара, надежность, безопасность и живучесть

Программное обеспечение *SimInTech* состоит из графической среды разработки и исполнительной системы реального времени *NordWind*. Обмен данными и сигналами между различными схемами в *SimInTech*, происходит через встроенную базу сигналов, которая представляет собой файловую базу данных, содержащую в себе константы и переменные.

Обмен сигналами производится при помощи запросов прописываемых в элементах кода автоматики, в результате которых база сигналов возвращает необходимый сигнал [3]. Комплексная модель объекта, создаваемая за счет связей систем через базу сигналов в пакете *SimInTech*, представлена на рисунке 1.

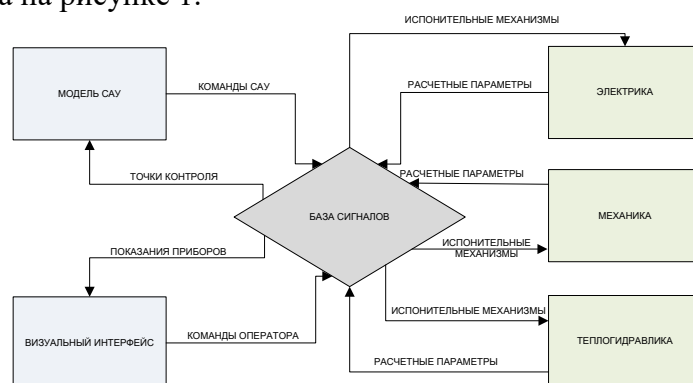


Рисунок 1 – Комплексная модель объекта в *SimInTech*

Конструктивно установка состоит из пяти емкостей, последовательно соединённых системой трубопроводов, имитирующих технологические бассейны реального технологического участка подготовки бумажной массы [1]. Система трубопроводов содержит четыре сетевых насоса, с частотно регулируемым электроприводом, ручные и регулирующие клапаны с электроприводом, трубчатый электронагреватель, датчики основных технологических параметров – расход, давление, концентрация. Все емкости снабжены датчиками уровня, системой защиты от перелива и соединены с дренажной системой слива массы через ручные вентили. Функциональная схема установки, представлена на рисунке 2.

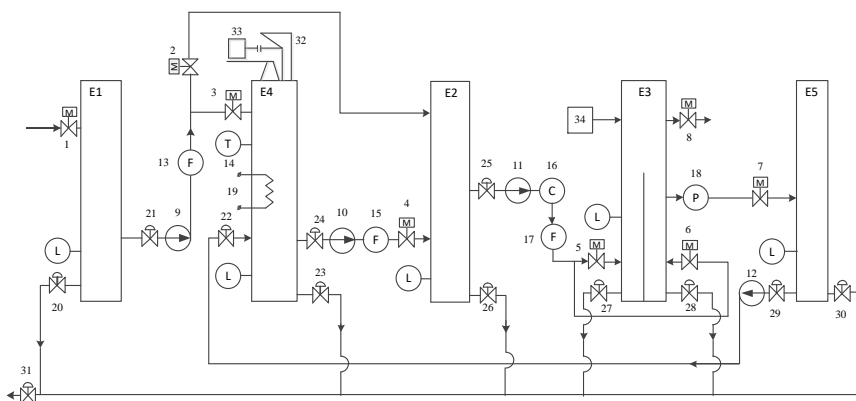


Рисунок 2– Функциональная схема учебно-экспериментальной установки

Описываемый участок технологического процесса моделируется в пакете *SimInTech* содержащем теплогидравлическую схему [5], состоящую из элементов трубопровода, емкостей и регулирующих клапанов, и схему автоматики для управления исполнительными механизмами [3].

Математическая модель бака представляет собой модель типа «камеры смешения», то есть весь теплоноситель, содержащийся в баке, имеет единые параметры (одно давление и энтальпию, и, следовательно, температуру и плотность). Физический объект, соответствует блоку: негерметичный бак (с открытой крышкой), со свободным уровнем и постоянным давлением атмосферы или другой среды [3]. Схема теплогидравлики участка установки представлена на рисунке 3.

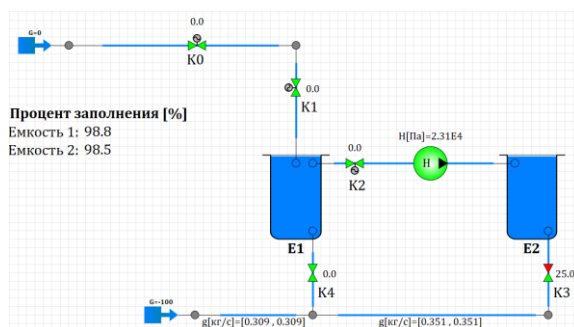


Рисунок 3– Схема участка теплогидравлики в *SimInTech*

Схема автоматики, управляющая исполнительными механизмами такими как: клапаны, насосы, электрические двигатели. Управление уровнем жидкости в емкостях, производится с помощью клапанов с электроприводом, в зависимости от рассчитанного объема теплоносителя в баке. В свою очередь управление моделью насоса, создающего заданный напор, и предназначенный для создания расхода в гидравлическом контуре, вычисляется в схеме автоматики при помощи передаточной функции [2, 3]. Схема автоматики представлена на рисунке 4.

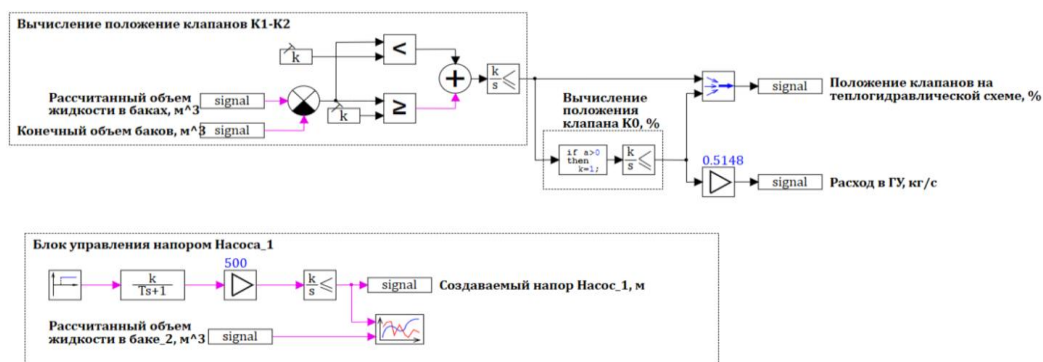


Рисунок 4 – Схема блока автоматики в *SimInTech*

Результатом моделирования служат параметры, рассчитываемые встроенным математическим ядром, для каждого элемента теплогидравлической схемы которые могут быть представлены в виде графика или выгружены в файл в виде таблицы [3, 5]. На рисунке 5 представлены графики уровня теплоносителя в емкостях, объемный расхода в трубопроводе, а так же напор на выходе насоса. В результате исследования, моделируются процессы наполнения теплоносителем емкостей, управление запорной арматурой, а так же работа насосного оборудования. Подача теплоносителя осуществляется по каналу имитирующему систему трубопровода и в результате запуска происходит наполнение емкости. Насос для перекачивания теплоносителя с заданным расходом запускается на 10-ой секунде моделирования. Клапаны с электроприводом регулируют уровень теплоносителя в емкостях и при достижении конечного объема жидкости в баке закрываются, а при снижении объема в емкостях открываются.

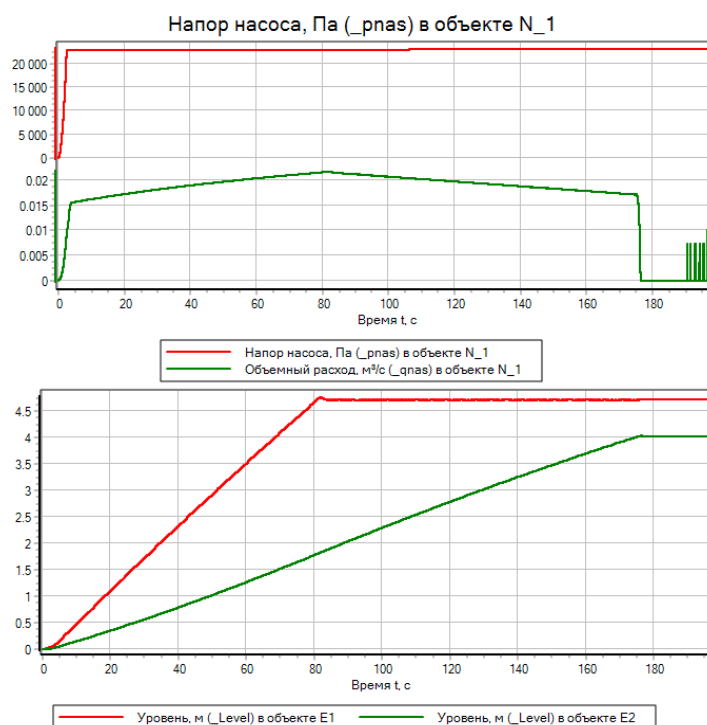


Рисунок 5 – Графики уровня теплоносителя, напора и объемного расхода

В результате проведенных исследований произведен анализ технологического процесса подготовки бумажной массы, построена теплогидравлическая схема участка технологического процесса, разработана схема моделирования узлов автоматики, для дальнейшей реализации контуров регулирования уровня и расхода, выполнен анализ полученных результатов моделирования. Дальнейшим этапом исследования, является синтез и моделирование контуров регулирования технологических параметров с использованием динамической модели технологического процесса разработанной в среде *SimInTech*.

### Список литературы

1. Разработка экспериментальной установки имитации работы контуров регулирования технологических процессов производства бумаги предприятия ООО «Пермский картон» / Даденков Д.А., Л.В.Поносова, А.Б.Петроченков, И.Г.Друзьякин, А. Г. Лейсле. // Материалы III Международной научно-технической интернет-конференции «Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике», ПГТУ, – Пермь, 2009.
2. Синтез и настройка локальных контуров регулирования уровня и расхода учебно-экспериментальной установки / Д. А. Даденков, Д. Н. Черемных, А. Л. Рябухин / Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной промышленности : материалы II Всерос. отраслевой науч.-прак. конф., г. Пермь, 28 февр. 2014 г. // М-во образования и науки Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Группа предприятий Перм. целлюлозно-бумажная компания, АО Соликамскбумпром. - Пермь : Перм. ЦНТИ, 2014. - С. 101-110.
3. «3В Сервис» Справочная система SimInTech [Электронный ресурс]: справочная система / URL: [//simintech.ru/webhelp/#o\\_simintech/o\\_simintech.html](http://simintech.ru/webhelp/#o_simintech/o_simintech.html) (дата обращения 05.04.2019)
4. Учебное пособие для студентов технических вузов «Среда динамического моделирования технических систем» / Карташов Б.А., Шабаетв Е.А., Козлов О.С., Щекатуров А.М. // Изд-во: ДМК-Пресс, 2017 г. – С.-17
5. Библиотека для моделирования гидро- и пневмосистем в SimInTech, КБ «Арматура» – филиал ФГУП «ГКНПЦ им. М. В. Хруничева», 2017. – С 712-717.